

AP2004-010237 09 MAY 2005

## Verfahren zur Überwachung des Kontaktabbrandes bei Stufenschaltern

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung des Kontaktabbrandes bei Stufenschaltern.

Ein solches Verfahren ist aus der DE 100 03 918 C1 bereits bekannt. Dabei werden bei jeder Lastumschaltung, d. h. jeder Betätigung des Stufenschalters, aus dem gemessenen Wert des Laststromes und der jeweiligen Nenn-Stufenspannung die Schaltströme der jeweils abschaltenden Kontakte und aus diesen die jeweiligen Abbrandraten ermittelt. Nachfolgend werden dann aus diesen Abbrandraten die kumulierten Volumenabbrände der Schaltkontakte und Widerstandskontakte des Lastumschalters des Stufenschalters ermittelt und mit vorab festgelegten Grenzwerten verglichen.

Das bekannte Verfahren ist jedoch prinzipiell nur bei solchen Stufenschaltern anwendbar, bei denen ein zweiarmer Wähler zunächst leistungslos eine neue Wicklungsanzapfung, auf die umgeschaltet werden soll, vorwählt und danach ein separater Lastumschalter den Laststrom zwischen der gerade stromführenden Anzapfung des einen Wählerarmes und neuen Anzapfung des anderen Wählerarmes umschaltet. Für Stufenschalter des Lastwählertyps jedoch, bei denen durch sich bewegende Schaltkontakte die Wähl- als auch die Schaltfunktion in einem Schritt ausgeführt wird, die mithin also keinen separaten Lastumschalter besitzen, ist das bekannte Verfahren nicht geeignet.

Aufgabe der Erfindung ist es demnach, ein gattungsgemäßes Verfahren für Stufenschalter des Lastwählertyps anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch Verfahren mit den Merkmalen der nebengeordneten Patentansprüche 1 und 2 gelöst.

Nachfolgend sollen zunächst die allgemeine erfinderische Idee und die gerätespezifischen Hintergründe der erfindungsgemäßen Verfahren erläutert werden.

Stufenschalter des Lastwählertyps sind in zahlreichen Ausführungen aus dem Stand der Technik bekannt; sie lassen sich prinzipiell in zwei unterschiedliche Arten unterteilen, die sich an Hand ihrer Überschaltempedanz unterscheiden lassen. Es gibt sowohl Lastwähler mit (ohmschen) Überschaltwiderständen als auch Lastwähler mit einer Überschaltreaktanz.

Figur 4 zeigt einen bekannten Lastwähler mit Überschaltwiderständen in schematischer Darstellung, wie ihn etwa die Anmelderin als Typ OILTAP® V vertreibt. Die Figur 4 zeigt auszugsweise eine Stufenwicklung, deren Wicklungsanzapfungen mit festen Stufenkontakten FK – m – 1, FK – m, FK – m + 1 des Lastwählers elektrisch in Verbindung stehen. Weiterhin weist der Lastwähler gemeinsam bewegte bewegliche Kontakte auf, nämlich einen Schaltkontakt SK sowie beidseitig

davon angeordnete Widerstandskontakte WK – A und WK – B, die jeweils über einen Überschaltwiderstand  $R_0$  mit der Lastableitung in Verbindung stehen. Bei einer Umschaltung von der Anzapfung  $m$  auf  $m + 1$  verlässt zunächst der Widerstandskontakt WK – B den festen Stufenkontakt FK –  $m$ . Da der Laststrom  $I_L$  weiterhin über den Schaltkontakt SK geführt wird, schaltet der Widerstandskontakt WK – B stromlos ab, d. h. es entsteht kein Lichtbogen. Etwas später verlässt der Schaltkontakt SK den Stufenkontakt FK –  $m$  und kommutiert den Laststrom auf den Widerstandskontakt WK – A. Der dabei entstehende Lichtbogen erzeugt Abbrand an der in der Figur rechten Kante des festen Stufenkontaktes FK –  $m$ . Im nächsten Schritt schaltet der Widerstandskontakt WK – B auf den Stufenkontakt FK –  $m + 1$  auf, so dass auf Grund der treibenden Stufenspannung  $U_S$  ein Kreisstrom über die beiden Überschaltwiderstände  $R_0$  fließt. Der Laststrom  $I_L$  teilt sich dabei gleichmäßig und fließt über beide Widerstandskontakte WK – A und WK – B. Die endgültige Kommutierung des Laststromes auf den Stufenkontakt FK –  $m + 1$  erfolgt durch das Abschalten des Widerstandskontaktes WK – A vom festen Stufenkontakt FK –  $m$ , wodurch Abbrand am Widerstandskontakt WK – A und wiederum an der in der Figur rechten Kante des festen Stufenkontaktes FK –  $m$  erzeugt wird. Der Umschaltvorgang ist beendet, sobald der Schaltkontakt SK auf den festen Stufenkontakt FK –  $m + 1$  aufgelaufen ist und den Laststrom  $I_L$  vom Widerstandskontakt WK – B übernommen hat. Wird von der Anzapfung  $m + 1$  nach  $m$  zurückgeschaltet, so verläuft der Umschaltvorgang in exakt umgekehrter Reihenfolge. Abbrand entsteht in diesem Falle wiederum am Schaltkontakt SK sowie am Widerstandskontakt WK – B; außerdem entsteht Abbrand an der in der Figur linken Kante des Stufenkontaktes FK –  $m + 1$ .

Da der Abbrand prinzipiell an jedem Kontakt in direkter Weise von der Höhe des jeweils abzuschaltenden Stromes abhängt, ist es bei den erfindungsgemäßen Verfahren wichtig, die Schaltströme aller an einer Umschaltung beteiligten Kontakte zu ermitteln.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren werden dazu folgende leicht zugängliche Größen bei jeder Umschaltung ermittelt: Der Laststrom  $I_L$ , die aktuelle Stufenschalterposition  $n$ , sowie die Schaltrichtung „höher“ oder „tiefer“, gleichbedeutend mit der Stufenschalterstellung  $n$  nach  $n + 1$  bzw.  $n + 1$  nach  $n$ . Nach Ermittlung des Laststromes  $I_L$  werden auf bekannte Weise die Schaltströme des Schaltkontaktes SK sowie der Widerstandskontakte WK – A und WK – B ermittelt. Dies ist prinzipiell aus der eingangs genannten DE 100 03 918 C1 bekannt.

$$\text{Strom an SK: } I_{SK} = \frac{I_L}{\text{ParSek}}$$

$$\text{Strom an WK: } I_{WK} = \frac{U_S + I_L \cdot R_0 / s_{res}}{2 \cdot R_0}$$

wobei gilt:

$$\text{Richtung } m \Rightarrow m+1: I_{WK-A} = I_{WK}$$

$$\text{Richtung } m+1 \Rightarrow m: U_S = -U_S$$

$$I_{WK-B} = I_{WK}$$

Dabei bedeutet ParSek die Zahl der parallelen Sektoren des Lastwählers, d. h. der Parallelschaltungen einzelner Schaltkontakte, üblicherweise realisiert in mehreren horizontal übereinander angeordneten Ebenen.  $U_s$  bezeichnet die jeweilige Nenn-Stufenspannung und  $s$  die resultierende Stromteilung an den Widerstandskontakten WK – A und WK – B bei mehreren parallelen Widerstandszweigen.  $R_0$  bezeichnet die Größe des einzelnen Überschaltwiderstandes. Alle diese Größen sind stufenschalterspezifisch und werden als Parameter des Verfahrens festgelegt und gespeichert.

Figur 5 zeigt einen ebenfalls aus dem Stand der Technik bekannten Lastwähler mit Überschaltreaktanz (SVR). Stufenschalter dieser Bauart eines Lastwählers finden zumeist in regelbaren Verteiltransformatoren in den USA als sogenannte „step voltage regulators“ Verwendung. Üblich ist ein Regelbereich von  $\pm 10\%$  in  $\pm 16$  Stufen zu je  $\frac{5}{8}\%$ . Anstelle der Überschaltwiderstände wird hier eine Überschaltreaktanz eingesetzt. Bei einer Umschaltung von der Anzapfung  $m$  auf  $m + 1$  verlässt hierbei der bewegliche Schaltkontakt SK – G den feststehenden Stufenkontakt FK –  $m$ , wobei der halbe Laststrom auf den in der Figur linken Zweig kommutiert wird und durch den dabei entstehenden Lichtbogenabbrand am beweglichen Schaltkontakt SK – G sowie an der in der Figur rechten Flanke des Stufenkontaktes FK –  $m$  entsteht. Der Schaltkontakt SK – G schaltet auf den neuen Stufenkontakt FK –  $m + 1$  auf und erreicht damit die sogenannte „bridging position“, die bei Lastwählern dieser Bauart eine stabile Betriebsstellung ist. Der durch die Stufenspannung  $U_s$  getriebene Kreisstrom erzeugt in der Überschaltreaktanz keine Verluste, da die beiden gleich großen Wicklungsteile gegensinnig gewickelt sind und sich dadurch die Induktionen im Eisenkern der Reaktanz aufheben. Im weiteren Schaltablauf in Richtung  $m + 1$  verlässt nun der Schaltkontakt SK – H den festen Stufenkontakt FK –  $m$  und schaltet dabei den Kreisstrom und den halben Laststrom ab; es entsteht Abbrand am Schaltkontakt SK – H und wiederum an der in der Figur rechten Flanke des Stufenkontaktes FK –  $m$ . Mit dem Aufschalten des Schaltkontaktes SK – H auf den Stufenkontakt FK –  $m + 1$  ist wieder eine „non-bridging position“ erreicht und die Umschaltung von  $m$  auf  $m + 1$  vollzogen. „Bridging position“ und „non-bridging position“ wechseln sich also beim fortgesetzten Umschalten in einer Richtung jeweils ab. Durch die Tatsache, dass, wie beschrieben, die „bridging position“, also die Mittelstellung zwischen zwei Stufen, eine stabile Betriebsstellung ist, lassen sich z. B. mit einer 9-stufigen Regelwicklung und vorgeschaltetem Wender 33 unterschiedliche Ausgangsspannungen einstellen. Die Stufung der Ausgangsspannung beträgt dabei  $U_s/2$ .

Bei dieser Art von Lastwählern mit Überschaltreaktanz gibt es immer nur einen abschaltenden Schaltkontakt, also SK – G oder SK – H, der je nach Schaltrichtung mit unterschiedlichen Strömen beaufschlagt wird.

Die symmetrisch zweigeteilte Überschaltreaktanz ist so dimensioniert, dass der Kreisstrom in der „bridging position“ typischerweise 35% oder 50% vom Betrag des Laststromes  $I_L$  beträgt ( $p_a = 35\%$  bzw.  $50\%$ ). Dabei wird der Kreisstrom als rein induktiv angesehen. Aber auch der Laststrom  $I_L$  kann

eine Phasenverschiebung zur Stufenspannung  $U_S$  aufweisen, was durch den Phasenwinkel  $\cos \varphi$  ausgedrückt wird. Für Versorgungsnetze typisch ist ein  $\cos \varphi$  von 0.8. Diese Größe lässt sich auch als sog. *power factor „pf“* (in USA üblich) in Prozent ausdrücken, z. B.:  $\text{pf} = 80\%$ .

Bei rein induktivem  $I_L$  ist  $\text{pf} = 0\%$ , ein Wert, der bei worst case-Betrachtungen Berücksichtigung findet. Damit ergeben sich die Schaltströme als komplexe Größen mit Real- und Imaginärteil.

Weiterhin ergeben sich folgende Zusammenhänge:

Kreisstrom: 
$$I_c = I_L \cdot \frac{\text{pa}}{100}$$

ohmsche Komponente: 
$$R = \frac{\text{pf}}{100}$$

induktive Komponente: 
$$X = \sqrt{1 - R^2}$$

Damit errechnen sich die Schaltströme schließlich zu:

	non-bridging $\Leftrightarrow$ bridging	bridging $\Leftrightarrow$ non-bridging
Richtung $n \Leftrightarrow n+1$ :	$I_{sk} = \frac{I_L}{2}$	$I_{sk} = \frac{I_L}{2} \cdot (R - jX) - jI_c$
Richtung $n+1 \Leftrightarrow n$ :	$I_{sk} = \frac{I_L}{2}$	$I_{sk} = \frac{I_L}{2} \cdot (R - jX) + jI_c$

Nach Berechnung dieser Schaltströme lässt sich dann der Abbrand an den festen und den beweglichen Kontakten ermitteln.

Die Erfindung soll nachfolgend beispielhaft noch näher erläutert werden.

- Figuren 1a und 1b zeigen den Ablaufplan eines ersten erfindungsgemäßen Verfahrens.  
 Figuren 2a bis 2d zeigen den Ablaufplan eines zweiten erfindungsgemäßen Verfahrens.  
 Figur 3 zeigt eine Zuordnungstabelle zur Durchführung dieses zweiten Verfahrens.  
 Figur 4 und 5 zeigen prinzipielle Schaltungen von Lastwählern nach dem Stand der Technik, der weiter oben bereits erläutert wurde.

Anzumerken ist, dass die Figuren 1a und 1b zusammengehören; in ihnen ist ein einziges erstes erfindungsgemäßes Verfahren dargestellt. Lediglich aus Platzgründen musste dieses Verfahren auf zwei getrennten Figurenblättern dargestellt werden.

Ebenso gehören die Figuren 2a bis 2d zusammen; in ihnen ist ebenfalls ein einziges zweites erfindungsgemäßes Verfahren gezeigt. Auch hier war es lediglich aus Platzgründen erforderlich, die Darstellung des Verfahrens auf insgesamt vier getrennte Figurenblätter aufzuteilen. Die Einzelheiten der in Figur 2b als „Subroutine“ 1 bzw. 2 bezeichneten Verfahrensabläufe ist in den Figurenblättern 2c bzw. 2d detailliert dargestellt.

Zunächst soll das in den Figuren 1a und 1b dargestellte Verfahren näher erläutert werden. Dieses Verfahren geht von einem Lastwähler mit ohmschen Überschaltwiderständen aus, wie er in Figur 4

nach dem Stand der Technik gezeigt ist. Es wurde bereits weiter oben erläutert, an welchen Stellen Kontaktabbrand bei Lastwählern auftreten kann. Beim hier erläuterten Verfahren wird der Laststrom gemessen, und es werden nach den bereits angegebenen und erläuterten Beziehungen die Schaltströme für die an der jeweiligen Stufenschaltung beteiligten Kontakte ermittelt. Aus diesen Schaltströmen wird dann ein Volumenabbrand  $A$  nach der Beziehung

$$A = a \cdot I^b \cdot s$$

ermittelt. Dabei ist  $a$  ein schaltertyp- und kontaktspezifischer Abbrandparameter, der Wert  $b$  stellt einen vom eingesetzten Kontaktmaterial abhängigen Parameter in der Größenordnung von 1,1...1,9 dar. In vielen Fällen ist noch sinnvoll, einen Sicherheitszuschlag  $s$ , der vorteilhafter Weise 12 % betragen kann, hinzuzurechnen. Dieser Teil des Verfahrens ist an sich bereits aus der oben zitierten DE 100 03 918 C1 bekannt.

Es ist möglich, dass bei einem bestimmten Schaltertyp für die feststehenden Kontakte einerseits und die beweglichen Kontakte andererseits unterschiedliche Parameter  $a$  verwendet werden müssen, da beispielsweise eine Kontaktrolle eine andere Abbrandcharakteristik aufweisen kann als die Ecke eines feststehenden Kontaktes.

Die auf die erläuterte Weise ermittelten Volumenabbrände  $A$  werden zu den in den vorhergehenden Schaltungen des Lastwählers kumulierten Gesamtabbränden  $GA_m$  der selben Kontakte jeweils hinzuaddiert. Welche Kontakte nun aktuell jeweils geschaltet worden sind, ergibt sich aus der jeweiligen Position, d. h. Stellung  $n$  des Lastwählers vor der Schaltung sowie der Schaltrichtung „höher“, d. h. von  $n$  auf  $n+1$  bzw. „tiefer“, d. h. von  $n+1$  auf  $n$ . Auf vorteilhafte Weise kann für diese Auswahl der beteiligten Kontakte eine Zuordnungstabelle verwendet werden, mit der eine Zuordnung zwischen der Stufenschalterstellung  $n$  und dem jeweils geschalteten Festkontakt  $m$  geschaffen wird. Eine solche Matrix kann nicht flüchtig gespeichert hinterlegt werden.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird demnach für alle im Lastwähler vorhandenen Abbrandkontakte – sowohl fest als auch beweglich, sowohl linke als auch rechte Kante – jeweils ein Wert für den Gesamtabbrand  $GA_m$  ermittelt. Diese Werte werden jeweils nicht flüchtig gespeichert.

Nach jeder Stufenschaltung werden die auf die erläuterte Weise berechneten und gespeicherten Werte für die kumulierten Gesamtabbrände  $GA_m$  aller Kontakte jeweils mit vorgegebenen zulässigen Grenzwerten verglichen. Wird ein Grenzwert im Ergebnis dieses Vergleiches erreicht oder überschritten, wird z. B. eine Warnmeldung generiert, etwa bei 90 % des erreichten Grenzwertes, ebenso kann aber auch der Lastwähler ganz blockiert werden, wenn 100 % des vorab festgelegten Grenzwertes des Gesamtabbrandes erreicht sind. Das beschriebene Verfahren, wie es sich aus den Figuren 1a und 1b ergibt, ist für Lastwähler mit Überschaltwiderständen geeignet.

Figuren 2a bis 2d zeigen den schematischen Ablaufplan eines weiteren erfindungsgemäßen Verfahrens, das besonders für Lastwähler mit Überschaltreaktanz, wie nach Figur 5 zum Stand der Technik dargestellt, geeignet ist. Die einzelnen Beziehungen, nach denen erforderliche Verfahrensgrößen ermittelt werden, wurden bereits weiter oben ausführlich dargestellt. Gegenüber dem in den Figuren 1a und 1b dargestellten ersten Verfahren unterscheidet sich das zweite Verfahren nach den Figuren 2a bis 2d dadurch, dass zusätzliche Verfahrensschritte eingefügt sind. So wird nach der Eingabe und nicht flüchtigen Speicherung der benötigten Stufenschalter- und Abbrandparameter, der Abbrandgrenzwerte sowie der Nenn-Stufenspannung noch eine Ermittlung der Variablen  $R$  und  $X$  auf die beschriebene Weise vorgenommen, wobei  $R$ , wie erläutert, die ohmsche Komponente darstellt und  $X$  die induktive Komponente ist.

Ferner wird bei diesem Verfahren zusätzlich nach der Messung des Laststromes  $I_L$  noch der Kreisstrom  $I_C$  ermittelt, wie ebenfalls bereits erläutert.

Schließlich wird beim Verfahren nach den Figuren 2a bis 2d die Berechnung des jeweiligen Schaltstromes für den abschaltenden Kontakt, nachfolgend die Ermittlung der Abbrandraten und wiederum nachfolgend die Kumulierung des jeweiligen Volumenabbrandes  $GA$  nicht nur getrennt nach der Schaltrichtung „höher“ oder „tiefer“ durchgeführt. Vielmehr erfolgt innerhalb dieser Verfahrensschritte, die abhängig von der Schaltrichtung sind, noch einmal eine weitere Trennung der Verfahrensschritte danach, ob von einer nicht brückenden Stellung auf eine brückende Stellung umgeschaltet wird oder nicht. Je nach Situation müssen die Schaltströme der jeweils geltenden Formeln entsprechend ermittelt werden.

Für dieses Verfahren ist auf besonders vorteilhafte Weise eine vorab nicht flüchtig gespeicherte Zuordnungstabelle (sog. „look-up table“) verwendbar, um auf einfache Weise die bei der jeweiligen Schaltung beteiligten geschalteten Festkontakte zu ermitteln. Ein Beispiel einer solchen Zuordnungstabelle zur Durchführung des zweiten Verfahrens gemäß den Figuren 2a bis 2d ist in der separaten Figur 3 gezeigt.

## Patentansprüche

## 1. Verfahren zur Überwachung des Kontaktabbrandes bei Stufenschaltern mit folgenden Merkmalen:

- Permanentes Speichern der Werte für die Nenn-Stufenspannung ( $U_S$ ) jeder möglichen Schaltung, d. h. Stufe, der Grenzwerte für den zulässigen Kontaktabbrand des Schaltkontaktes sowie der Widerstandskontakte sowie der stufenschalterspezifischen Kenngrößen  $a$  und  $b$
- Ermittlung der aktuellen Stellung  $n$  des Stufenschalters
- Auslesen des gespeicherten, mit der aktuellen Stufenschalterstellung korrespondierenden Wertes für die Nenn-Stufenspannung ( $U_S$ )
- Messung des Laststromes ( $I_L$ ) bei jeder Umschaltung, d. h. Betätigung des Stufenschalters
- Ermittlung der Schaltrichtung „höher“ oder „tiefer“ der jeweiligen Umschaltung
- schaltrichtungsabhängige Ermittlung des geschalteten, abbrandbehafteten Festkontaktes
- Berechnung der Schaltströme der abschaltenden Kontakte auf an sich bekannte Weise mittels der Beziehungen

$$I_{SK} = \frac{I_L}{\text{ParSek}}$$

$$I_{WK-A} = \frac{U_S + I_L \cdot \frac{R_0}{s_{res}}}{2 \cdot R_0}$$

für die Schaltrichtung „höher“ und

$$I_{SK} = \frac{I_L}{\text{ParSek}}$$

$$I_{WK-B} = \frac{U_S + I_L \cdot \frac{R_0}{s_{res}}}{2 \cdot R_0}$$

mit  $U_S = -U_S$

für die Schaltrichtung „tiefer“,

wobei ParSek die Zahl der parallelen Sektoren,  $R_0$  die Größe des Überschaltwiderstandes und  $s_{res}$  die resultierende Stromteilung darstellen

- schaltrichtungsabhängige Berechnung der jeweiligen Abbrandraten des Schaltkontaktes ( $A_{SK}$ ), des entsprechenden Widerstandskontaktes ( $WK$ ) sowie des abschaltenden Festkontaktes nach den Beziehungen

$$A_{SK} = a_{SK} \cdot I_{SK}^b \cdot s_{SK}$$

$$A_{WK} = a_{WK} \cdot I_{WK-A}^b \cdot s_{WK}$$

$$A_{FK} = a_{FK} \cdot (I_{SK}^b + I_{WK-A}^b) \cdot s_{FK}$$

für die Schaltrichtung „höher“ und

$$A_{SK} = a_{SK} \cdot I_{SK}^b \cdot s_{SK}$$

$$A_{WK} = a_{WK} \cdot I_{WK-B}^b \cdot s_{WK}$$

$$A_{FK} = a_{FK} \cdot (I_{SK}^b + I_{WK-B}^b) \cdot s_{FK}$$

für die Schaltrichtung „tiefer“

- Aufsummierung der jeweiligen Abbrandraten ( $A_{SK}$ ,  $A_{WK}$ ,  $A_{FK}$ ) zum jeweiligen Gesamtvolumenabbrand ( $GA_{SK}$ ,  $GA_{WK-A}$ ,  $GA_{WK-B}$ ,  $GA_{FK-n}^{ro}$ ,  $GA_{FK-m}^{ll}$ ), nicht flüchtige Speicherung aller aufsummierten Gesamtvolumenabbrände und Vergleich dieser Werte mit den entsprechenden permanent gespeicherten Grenzwerten
- Generierung von Meldungen beim Überschreiten der jeweiligen Grenzwerte oder prozentualer Grenzen davon.

2. Verfahren zur Überwachung des Kontaktabbrandes bei Stufenschaltern mit folgenden Merkmalen:

- Permanentes Speichern der Werte für die Nenn-Stufenspannung ( $U_S$ ) jeder möglichen Schaltung, d. h. Stufe, der Grenzwerte für den zulässigen Kontaktabbrand des Schaltkontaktes sowie der Widerstandskontakte sowie der stufenschalterspezifischen Kenngrößen a und b
- Berechnung der ohmschen Komponente R sowie der induktiven Komponente X der Überschaltreaktanz
- Ermittlung der aktuellen Stellung n des Stufenschalters
- Messung des Laststromes ( $I_L$ ) bei jeder Umschaltung, d. h. Betätigung des Stufenschalters
- Berechnung des Kreisstromes  $I_C$  als Teilbetrag des Laststromes  $I_L$
- Ermittlung der Schaltrichtung „höher“ oder „tiefer“ der jeweiligen Umschaltung
- schaltrichtungsabhängige Ermittlung des geschalteten, abbrandbehafteten Festkontaktes
- Ermittlung, ob von einer nicht-brückenden auf eine brückende Position umgeschaltet wird oder nicht
- Berechnung des Schaltstromes der abschaltenden Kontakte jeweils mittels der Beziehungen

$$I_{SK} = \frac{I_L}{2}$$

für eine Schaltung von nicht-brückend nach brückend und

$$I_{SK} = \frac{I_L}{2} \cdot (R - jX) - jI_C \quad \text{bzw.} \quad I_{SK} = \frac{I_L}{2} \cdot (R - jX) + jI_C$$

im jeweils anderen Fall

- schaltrichtungsabhängige Berechnung der jeweiligen Abbrandraten des Schaltkontaktes ( $A_{SK}$ ) und des abschaltenden Festkontaktes ( $A_{FK}$ ) nach der Beziehung

$$A_{SK} = a_{SK} \cdot I_{SK}^b \cdot s_{SK}$$

$$A_{FK} = a_{FK} \cdot I_{SK}^b \cdot s_{FK}$$



- Aufsummierung der jeweiligen Abbrandraten ( $A_{SK}$ ,  $A_{FK}$ ) zum jeweiligen Gesamtvolumenabbrand ( $GA_H$ ,  $GA_G$ ,  $GA_{FK-m}^{re}$ ,  $GA_{FK-m}^{li}$ ), nicht flüchtige Speicherung aller aufsummierten Gesamtvolumenabbrände und Vergleich dieser Werte mit den entsprechenden permanent gespeicherten Grenzwerten
- Generierung von Meldungen beim Überschreiten der jeweiligen Grenzwerte oder prozentualer Grenzen davon.

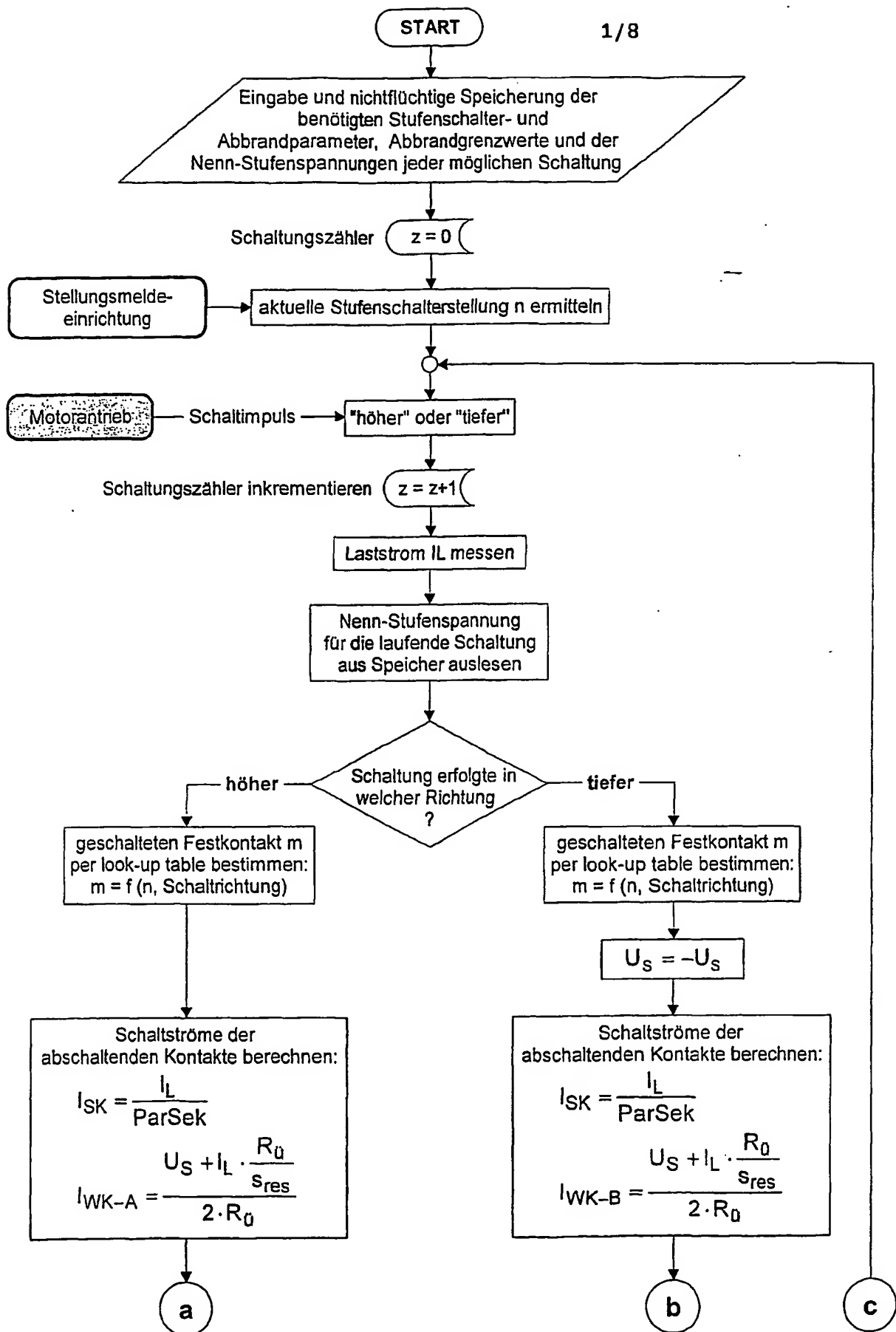


Fig. 1a

2/8

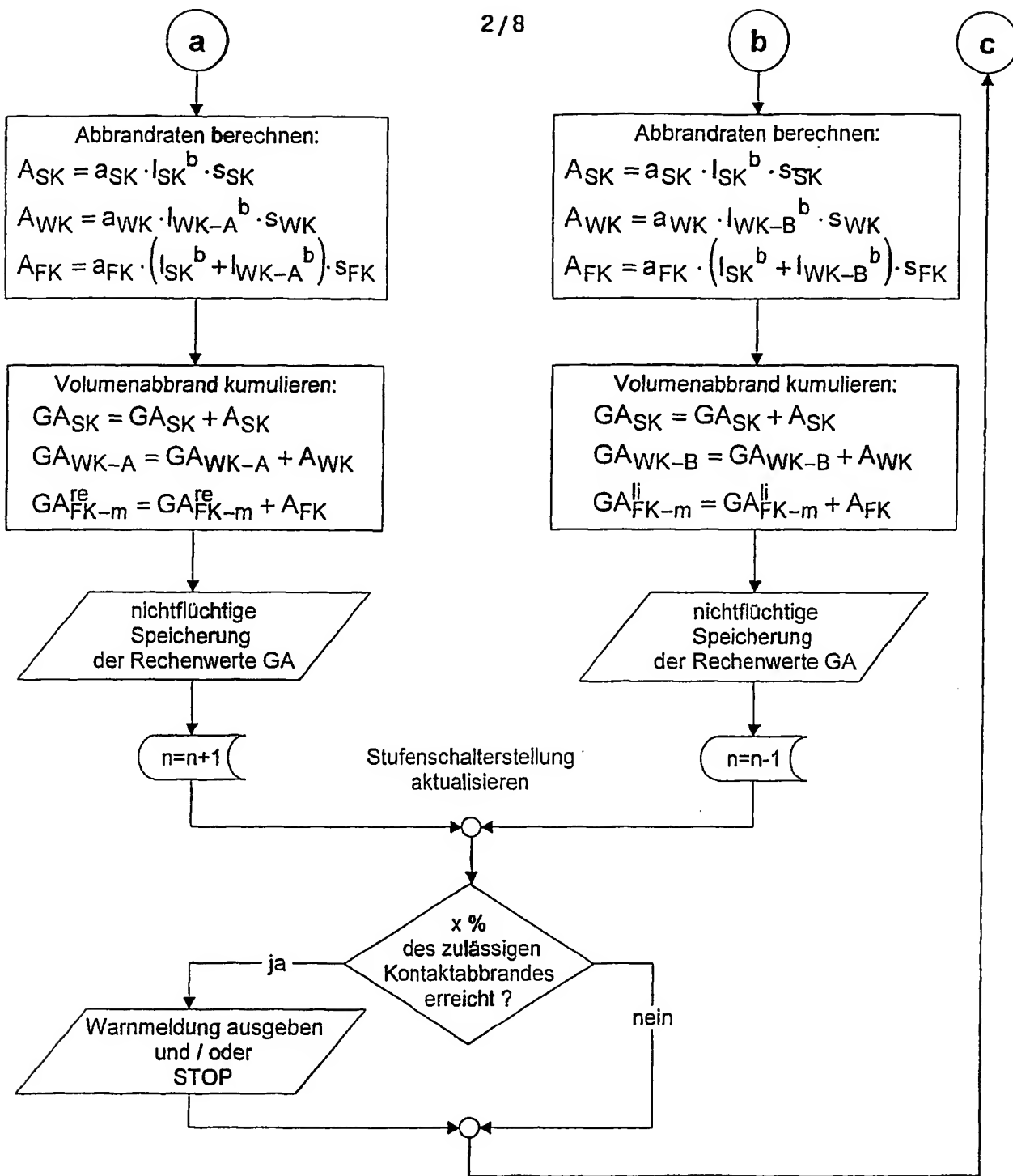


Fig. 1b

3 / 8

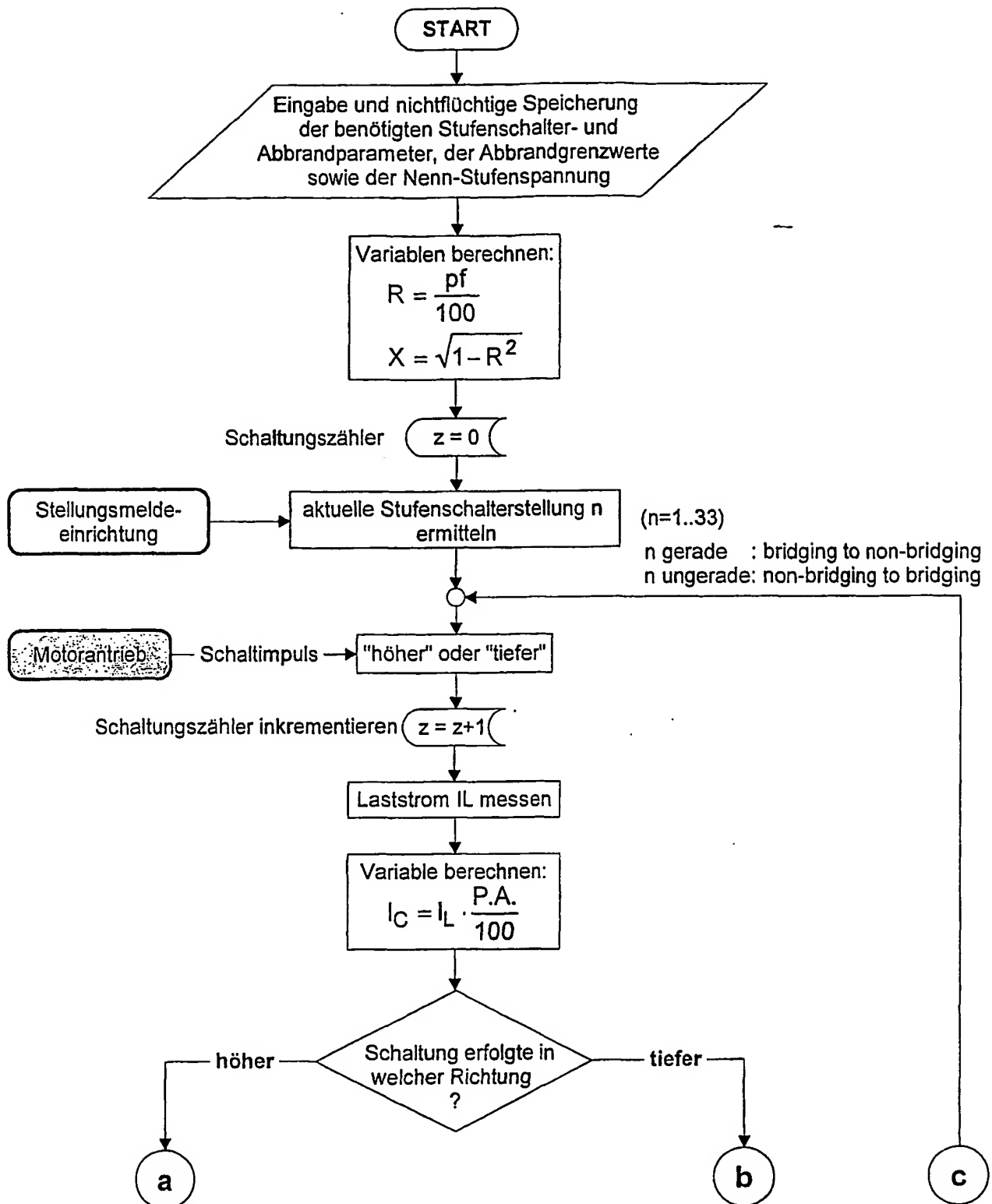


Fig. 2a

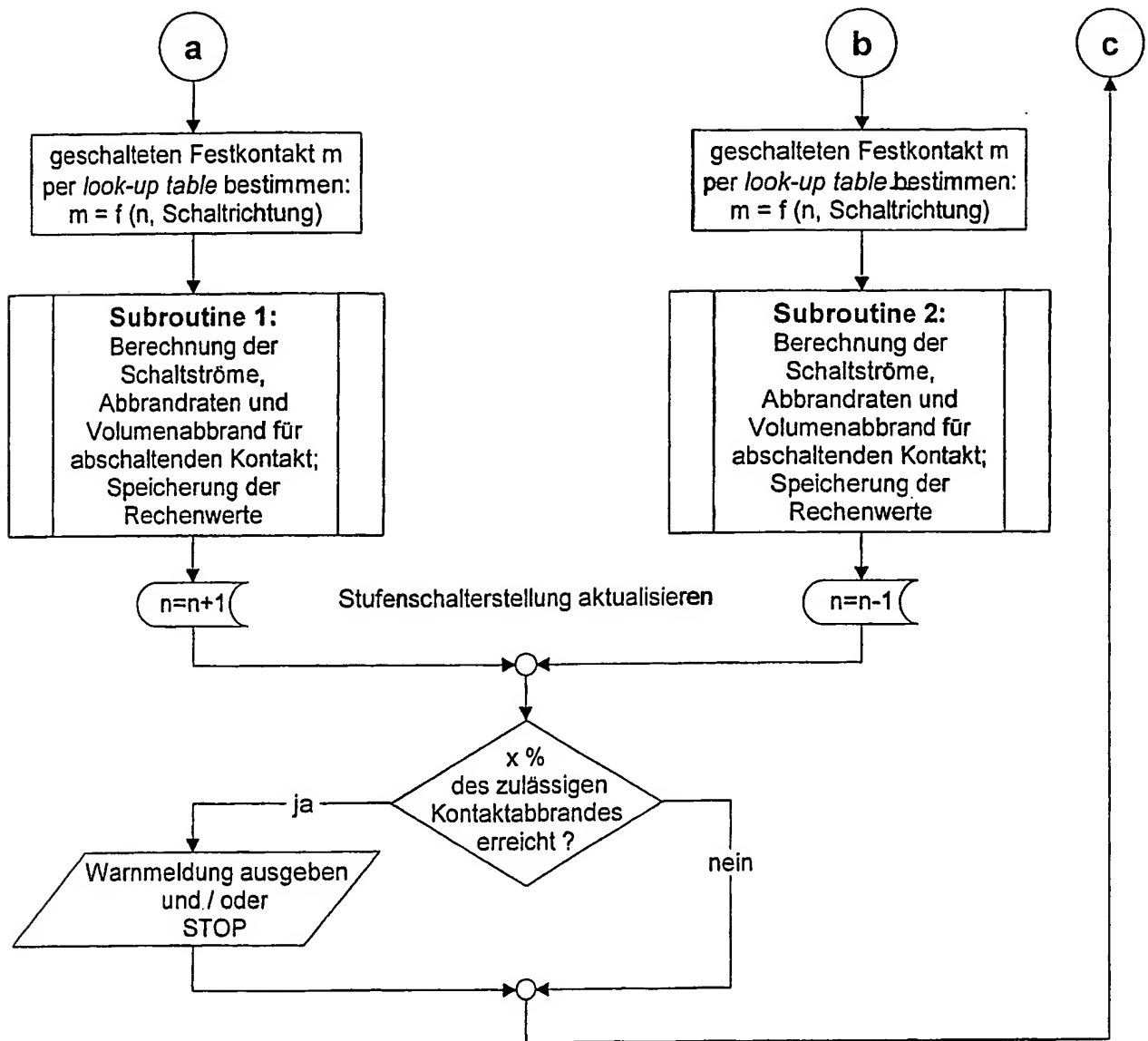


Fig. 2b

5/8

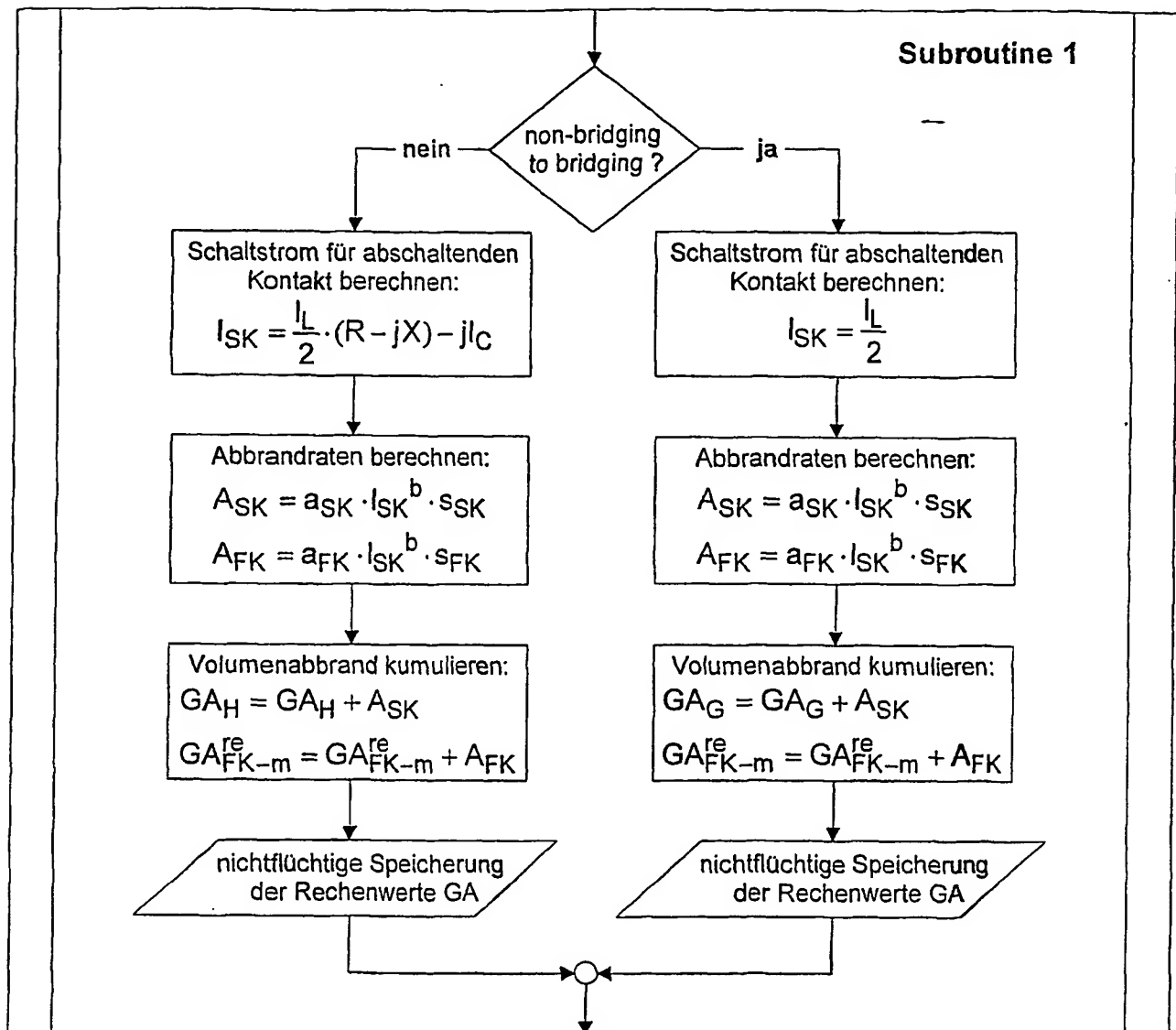


Fig. 2c

6 / 8

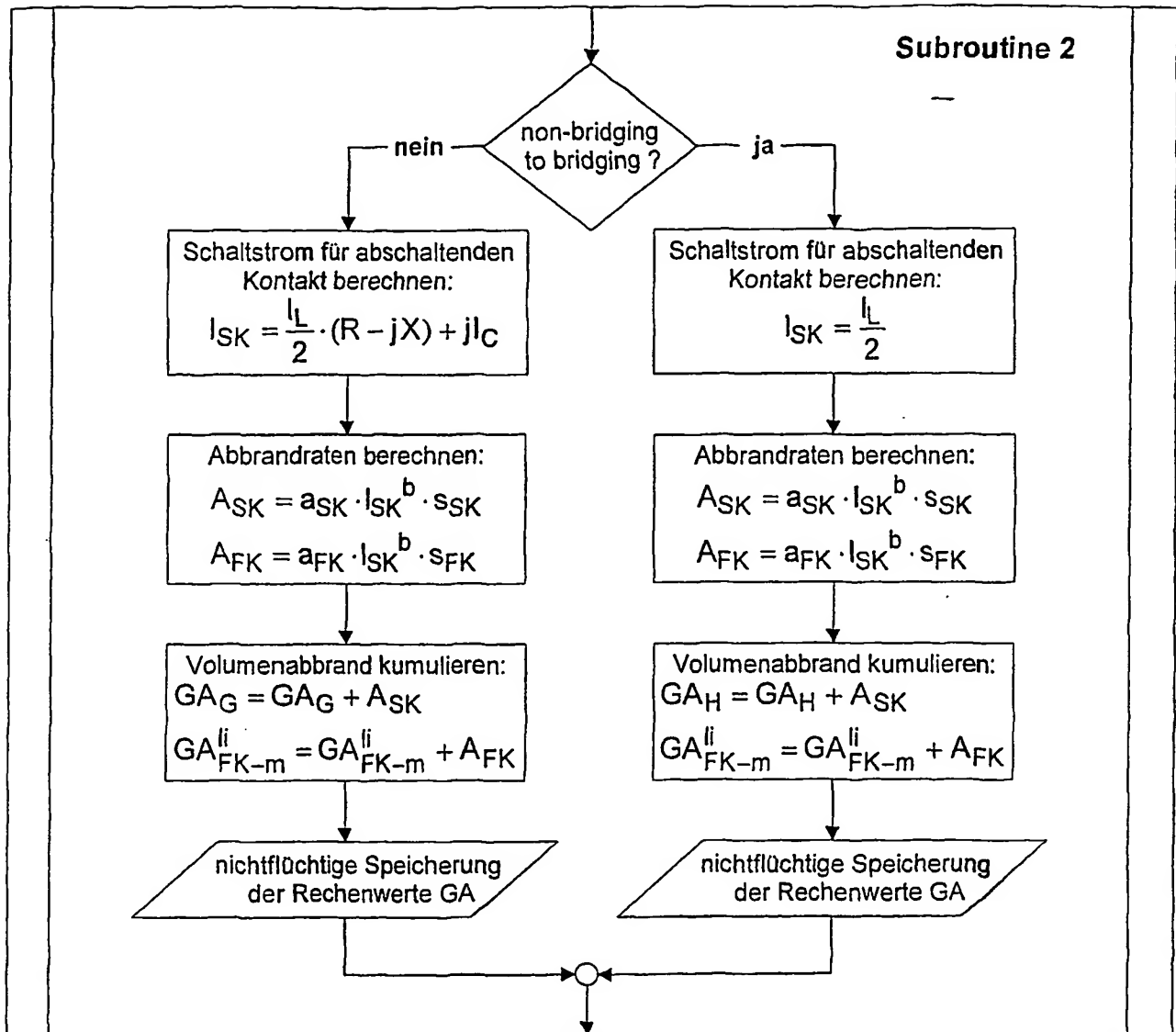
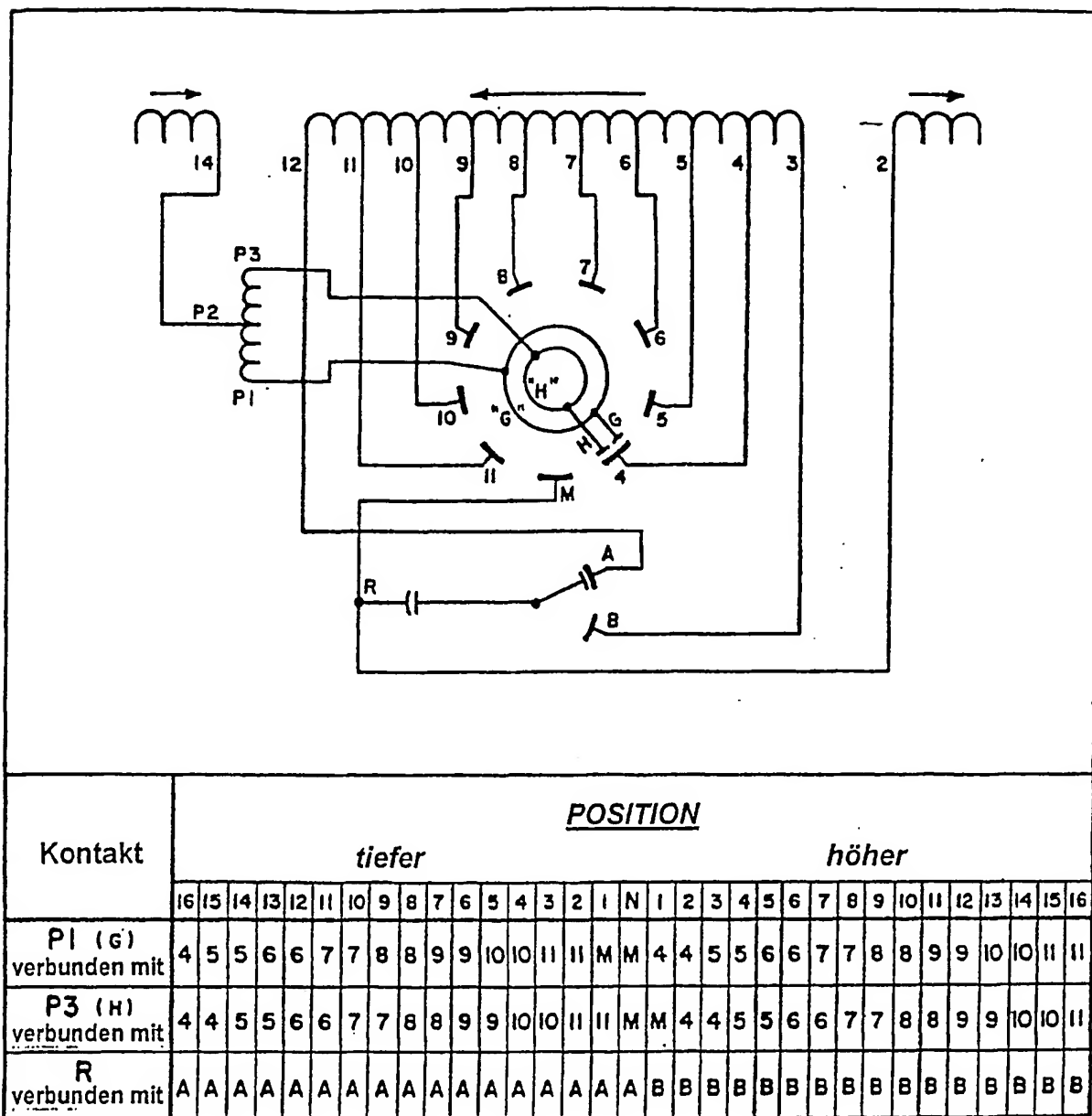


Fig. 2d

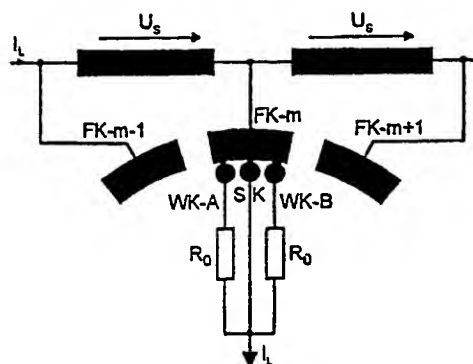
7/8



Figur 3

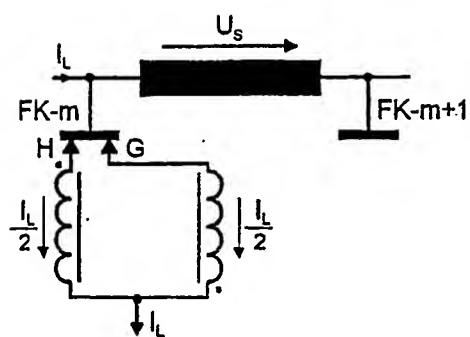


8/8



-Stand der Technik-

Figur 4



-Stand der Technik-

Figur 5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/010237

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01R31/333 G01R31/327 H01H1/00 H01H9/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01R H01H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 100 03 918 C (REINHAUSEN MASCHF SCHEUBECK) 5 July 2001 (2001-07-05) cited in the application	1
A	the whole document	2
A	EP 0 948 006 A (MOELLER GMBH) 6 October 1999 (1999-10-06) abstract	1, 2
A	US 3 735 243 A (BLACKBURN R ET AL) 22 May 1973 (1973-05-22) abstract; figure 1	2



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

17 December 2004

Date of mailing of the International search report

20/01/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl.

Authorized officer

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/010237

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10003918	C	05-07-2001	DE 10003918 C1	05-07-2001
			EP 1120801 A2	01-08-2001
			US 2001013784 A1	16-08-2001
EP 0948006	A	06-10-1999	DE 19814397 C1	23-12-1999
			EP 0948006 A2	06-10-1999
US 3735243	A	22-05-1973	CA 952584 A1	06-08-1974

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PC1/EP2004/010237

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01R31/333 G01R31/327 H01H1/00 H01H9/00

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01R H01H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beir. Anspruch Nr.
X	DE 100 03 918 C (REINHAUSEN MASCHF SCHEUBECK) 5. Juli 2001 (2001-07-05) in der Anmeldung erwähnt	1
A	das ganze Dokument	2
A	EP 0 948 006 A (MOELLER GMBH) 6. Oktober 1999 (1999-10-06) Zusammenfassung	1,2
A	US 3 735 243 A (BLACKBURN R ET AL) 22. Mai 1973 (1973-05-22) Zusammenfassung; Abbildung 1	2

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17. Dezember 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

20/01/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 000 01

Bevollmächtigter Bediensteter

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/010237

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 10003918	C	05-07-2001	DE	10003918 C1	05-07-2001
			EP	1120801 A2	01-08-2001
			US	2001013784 A1	16-08-2001
EP 0948006	A	06-10-1999	DE	19814397 C1	23-12-1999
			EP	0948006 A2	06-10-1999
US 3735243	A	22-05-1973	CA	952584 A1	06-08-1974

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☒ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**